Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 4, Winter 2024, p. 655-673

Effect of Chemical and Hand thinning on the Fruit Biochemical Properties of 'Khadrawi' Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) during Fruit Development

M. Jalali[1], N. Moallemi[2*], E. Khaleghi[2], S. Zivdar[3], M. Rahmati-Joneidabad[4]

1, 2 and 3- Ph.D. Graduate, Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, respectively
(*- Corresponding Author Email: n.moallemi @scu.ac.ir)
4- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Received: 12-04-2024
Revised: 29-05-2024
Accepted: 01-06-2024
Available Online: 01-06-2024

How to cite this article:
Jalali, M., Moallemi, N., Khaleghi, E., Zivdar, Sh., & Rahmati Jonidabad, M. (2024). Effect of chemical and hand thinning on the fruit biochemical properties of 'Khadrawi' date palm (*Phoenix dactylifera* L.) during fruit development. *Journal of Horticultural Science, 38*(4), 655-673. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87570.1337

Introduction

The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) tree tolerate high temperatures, drought and salinity more than other fruit crop, that is why date palm tree is named the tree of life in the desert. Date palm (*Phoenix dactiylifera*) is one of the fruit tree crops that is cultivated in arid region of Middle East and North Africa having a significant role on the economy of many countries in these regions. Fruit thinning is one of the major operation for improving the quality of dates as also for other fruit trees. Quality of dates is improved by increasing fruit weight and size and regulating date palm production by reducing the magnitude of year to year production affecting the date palm. Date palm orchard operations include all operations that are repeated annually to produce date fruit. Alternate bearing is common phenomenon in date palms. The thinning is one of the main methods that often helps to solve this problem. The main purpose of thinning is to create a suitable balance and often to increase the leaf to cluster ratio. It is creating a balance between vegetative growth and flowering and reducing the possibility of aging in the alternate bearing. Fruit thinning is one of the necessary operations that affects the growth, quality, fruit yield and regulation of the alternate bearing of the tree. The thinning process is performed manually, mechanically and chemically. Therefore, choosing a thinning method that saves time and money is necessary for date palms, especially in critical situations. The purpose of this experiment was to investigate the effects of manual and chemical thinning on the qualitative characteristics of date fruit at different stages of development for the Khadrawi cultivar.

Materials and Methods

An experiment was carried out as factorial experiment based on randomized complete block design with 3 replications at Shahid Chamran University of Ahvaz in 2022 and 2023. The Experimental factors included: hand thinning (No hand thinning, removal of 33%, removal of 25% of the total number of strands) and chemical thinning (zero, 50 and 100 mg per liter of naphthalene acetic acid). Chemical and strand thinning were done in the Hubabok stage (about 4 weeks after pollination) and the Kimri stage (12 to 13 weeks after pollination), respectively. In two consecutive years, the fruits were transferred to the plant physiology laboratory of the Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. The qualitative traits such as total soluble solids (%), pH, total acidity (%), taste index, antioxidant activity (%), total phenol (mg.g^{-1} FW), total soluble tannin (mg.g^{-1} FW), ascorbic acid (mg.g^{-1} FW), poly-galacturonase enzymes (U.g^{-1} FW), methyl pectin esterase (U.g^{-1} FW), cellulase (U.g^{-1} FW) and invertase (U.g^{-1} FW) and the percentage of reducing (%), non-reducing (%) and total sugars (%) were measured.



https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87570.1337

Results and Discussion

The results of this experiment showed that in the Tamar Stage, the interaction of hand and chemical thinning improved the qualitative characteristics of the fruit and on the characteristics of soluble total tannin, polygalactronase activity, pectin-methylesterase and reducing and total sugars, and the effect of hand thinning on total and percentage phenol and Non-reducing sugar and chemical thinning had a significant effect on ascorbic acid and cellulase enzyme. The results showed that there was upward trend in amount of total soluble solids, pH, total acidity, taste index, poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and the reducing and total sugars from the Kimri to Tamar stage. Also, there was downward trend in amount of total phenol, total soluble tannin content, ascorbic acid, and non-reducing sugar percentage from the Kimri stage to the Tamar.

Conclusions

The Khadrawi date variety has short strands, which results in a significant density of fruits on the strands of a cluster, which leads to large changes between fruits in most of the biochemical properties and has a negative effect on marketability. Fruit thinning is one of the most important agronomic practices in groves, as it enhances the quality characteristics of the fruit. Although hand thinning is more expensive, time-consuming, and relatively more difficult than chemical thinning, our findings showed that the quality of date fruit from the Khadrawi cultivar improved with the removal of 25% of the total number of strands and with chemical thinning using 100 mg/liter of naphthalene acetic acid. These treatments are recommended for palm growers.

Keywords: Cellulose, Invertase, Naphthalene acetic acid, Pectin-methyl-esterase, Poly-galactronase

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۸، شماره ٤، زمستان ١٤٠٣، ص. ٦٧٣-٦٥٥

اثر تنک شیمیایی و دستی بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه خرمای (*Phoenix dactylifera* L.) رقم 'خضراوی' در طی نمو میوه

منصور جلالی[۱] - نوراله معلمی[۲*] - اسمعیل خالقی[۲] - شهره زیودار[۳] - مصطفی رحمتی جنیدآباد[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

چکیده

تنک میوه یکی از عملیات باغی محسوب می‌شود که بر خصوصیات کمّی و کیفی میوه تأثیر می‌گذارد. به‌منظور بررسی اثر تنک دستی و شیمیایی بر خصوصیات بیوشیمیایی میوه خرما (*Phoenix dactylifera* L.) رقم 'خضراوی' در مراحل مختلف رشدونمو میوه، آزمایشی در دانشگاه شهید چمران اهواز در سال‌های متوالی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل تنک دستی (خوشه‌چه) (عدم تنک، حذف ۳۳ و ۲۵ درصد از خوشه‌چه‌ها در مرحله کیمری) و تنک شیمیایی (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در مرحله حبابوک) بود. صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل درصد مواد جامد محلول کل، pH، درصد اسیدیته کل، شاخص طعم، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول کل، اسیدآسکوربیک، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و درصد قندهای احیاء، غیراحیاء و کل میوه بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که تنک دستی و شیمیایی باعث بهبود ویژگی‌های کیفی میوه (میزان فنل کل، تانن محلول کل، اسیدآسکوربیک، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز و درصد قندهای احیاء و کل) در مرحله تمار گردیده و همچنین بر شاخص‌هایی نظیر مواد جامد محلول کل، pH و آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز در مراحل خلال و رطب مؤثر بود. نتایج نشان داد که تغییرات صفات کیفی شامل مواد جامد محلول کل، pH، درصد اسیدیته کل، شاخص طعم، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و درصد قندهای احیاء و کل تا اواخر دوره رشد (از مرحله کیمری تا تمار) سیر صعودی داشتند. تغییرات روند رشد صفاتی نظیر فنل کل، میزان تانن محلول کل، اسیدآسکوربیک، و درصد قند غیراحیاء از مرحله کیمری تا مرحله تمار روند نزولی داشت. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده نشان داد که تیمار تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید، موجب بهبود کیفیت میوه خرما رقم 'خضراوی' گردیده و قابل توصیه به نخل‌داران است.

واژه‌های کلیدی: اینورتاز، پکتین‌متیل‌استراز، پلی‌گالاکتروناز، سلولاز، نفتالین استیک اسید

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera* L.) متعلق به خانواده Arecaceae است و بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در مناطق آسیای غربی و شمال آفریقا پرورش داده می‌شود (Jalali *et al.*, 2013). ایران با تولید حدود ۱/۳ میلیون تن خرما در رتبه سوم و از نظر صادرات خرما، با ۱۱۸ میلیون دلار صادرات در جایگاه ششم جهان قرار دارد (FAO, 2021). از کل سطح زیر کشت خرما (حدود ۳۷ هزار هکتار) در استان خوزستان، رقم 'خضراوی' بعد از استعمران، حدود هشت درصد سطح زیر کشت را به‌خود اختصاص داده است. در درختان میوه نظیر نخل خرما، تولید میوه زیاد باعث می‌شود تا میوه‌ها برای رشد بهینه از کربوهیدرات کافی برخوردار نباشند. همچنین تولید میوه زیاد در هر خوشه، خطر شکسته شدن آن‌ها را به‌دنبال دارد. بنابراین، تنک میوه یکی از روش‌های مهم برای بهبود اندازه و کیفیت میوه‌ها است (Son, 2004). در خرما تنک میوه به‌صورت دستی و

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
(*- نویسندهٔ مسئول: Email: n.moallemi @scu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87570.1337

شیمیایی انجام می‌شود، ولی استفاده از روش مناسب با کاهش هزینه و سرعت بیشتر برای نخل‌کاران از اهمیت خاصی برخوردار است (Hassaballa *et al*., 1983).

یکی از روش‌های رایج در بهبود خصوصیات میوه خرما، تنک دستی است (Bashir *et al*., 2014; Moustafa *et al*., 2019) که می‌تواند با کاهش تعداد میوه‌ها در هر خوشه‌چه یا تعداد خوشه‌ها در هر نخل (Hussein, 1970) یا کاهش تعداد خوشه‌چه‌ها (Bakr *et al*., 2005; Moustafa *et al*., 2019) انجام گیرد. البته تحقیقات گسترده‌ای روی تأثیر تنک دستی بر میوه‌های دیگر نظیر زردآلو (*Prunus armeniaca*) رقم ' رقم پریانا و بلیانا' (Son, 2004) و گردی (Taghipour *et al*., 2011)، هلو (*Prunus persica*) (DhineshBabu & Yadav, 2004) و پسته (*Pistacia vera*) (Ramazani & Rahem,2006) گزارش شده است. کاهش تعداد خوشه‌چه‌ها به‌میزان ۲۰ و ۴۰ درصد در هر نخل به‌طور قابل توجهی بر میزان مواد جامد محلول کل، درصد اسیدیته و قند کل تأثیر داشت (Atawia *et al*., 1998). تحقیقات انجام شده روی ارقام 'خضراوی' و مجول نشان داد که تنک دستی باعث افزایش مواد جامد محلول کل، فنل کل، فلاونوئید کل، مواد آنتی‌اکسیدانی و قندهای احیاء و غیراحیاء و کاهش درصد تانن میوه گردید (Bashir *et al*., 2014). صفات کیفی و عملکرد خرمای ارقام "زغلول" و "حیانی" با تیمارهای کوتاه کردن خوشه‌چه‌ها و حذف تعدادی از خوشه‌چه‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Hassaballa *et al*., 1983). حذف ۳۰ درصد از کل تعداد رشته‌ها، هشت هفته پس از گرده‌افشانی در خرما رقم 'خضراوی' باعث افزایش قابل توجه مواد جامد محلول کل، میزان قندهای احیا و کل میوه خرما در هر نخل گردید، درحالی‌که تیمارهای تنک دستی بر صفات قند غیراحیاء، اسیدیته کل و میزان تانن کل تأثیر معنی‌داری نداشتند (Moustafa *et al*., 2019). با تنک خوشه‌چه، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی نظیر پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز در طول مراحل مختلف رشد افزایش یافتند (AlikhaniKoupaei, 2020).

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند تأثیر مطلوبی بر بهبود خصوصیات کمّی و کیفی میوه خرما داشته باشد (Jalali *et al*., 2013). از دیگر کاربردهای تنظیم‌کننده‌های رشد، اثر تنک‌کنندگی آن‌ها است. تنک‌کننده‌های زیادی مانند اتفون (AlSaikhan & sallam 2015)، نفتالین استیک اسید، کاربارایل و اسید جیبرلیک (Son, 2004)، اسیدآبسیزیک، نفتالین استامید و بنزیل‌آدنین (Tejpal *et al*., 2018) وجود دارند که موجب بهبود خصوصیات کمّی و کیفی میوه می‌گردد. اکسین‌های مصنوعی به‌خصوص نفتالین استیک اسید در غلظت ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برای بهبود کیفیت میوه زردآلو بهترین تأثیر را داشت (Son, 2004). همچنین نفتالین استیک اسید در غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر روی مواد جامد محلول کل، اسیدیته کل و نسبت مواد جامد محلول کل به اسدیته کل (شاخص طعم میوه) زردآلو رقم «گردی» تأثیر مثبتی داشت (Taghipour *et al*., 2011). نفتالین استیک اسید یکی از تنک‌کننده‌های شیمیایی مؤثر بر میوه خرما محسوب می‌شود که در برخی از ارقام گزارش شده است (Bakr *et al*., 2005). کاربرد نفتالین استیک اسید، ۷ تا ۲۱ روز پس از گرده‌افشانی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر خرمای سامانی و زغلول اثر معنی‌داری بر مواد جامد محلول کل، میزان قندهای احیاء، غیراحیاء و کل داشت (Bakr *et al*., 2005). رستگار و همکاران (Rastegar *et al*., 2012) نشان دادند که فعالیت آنزیم اینورتاز در طول رسیدن میوه خرما رقم شاهانی، به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی در طول رسیدن میوه، افزایش یافت. در پژوهش انجام شده توسط عواد و همکاران (Awad *et al*., 2011) روی پنج رقم خرما (برحی، مجول، لونت مساعد، هلالی و خنیزی) مشخص گردید که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (فنل‌ها، تانن‌ها و ویتامین ث) طی رشدونمو میوه از مرحله حبابوک تا تمار کاهش یافتند.

بررسی تغییرات بیوشیمیایی در طول دوره رشدونمو میوه‌های مختلف و اثر تیمارهای مختلف بر بهبود کیفیت یکی از موضوع‌های مورد توجه پژوهشگران مختلف است. در خوزستان، رقم 'خضراوی' یکی از ارقام مهم استان به‌شمار می‌آید (Hashempour, 1999)، بنابراین هدف این پژوهش، بررسی نقش تنک دستی و شیمیایی و اثر آن بر بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و میزان فعالیت آنزیمی این رقم در مراحل مختلف رشد میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در نخلستان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در شهرستان ملاثانی (۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز) با طول و عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و آزمایشگاه بخش باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز، روی خرما رقم 'خضراوی' در دو سال متوالی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. ۲۷ نخل ماده ۲۰ ساله با اندازه و قدرت رشد تقریباً مساوی انتخاب شدند. گرده‌افشانی با گرده نر غنامی قرمز (رقم غالب گرده‌زا) به‌صورت دستی در دو سال متوالی انجام شد. شش خوشه در هر نخل در پایان دوره گرده‌افشانی باقی گذاشته شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل تنک دستی (عدم تنک، حذف ۳۳ و ۲۵ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها) و تنک شیمیایی (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید) بودند. تنک شیمیایی در مرحله

حبابوک (حدود چهار هفته پس از گرده‌افشانی) و تنک دستی در مرحله کیمری (۱۲ تا ۱۳ هفته پس از گرده‌افشانی) انجام گردید. هدایت الکتریکی خاک در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۴/۳ و ۳/۹ دسی‌زیمنس بر متر و pH خاک به‌ترتیب ۷/۶ و ۸/۲ بود.

نمونه‌برداری

میوه‌ها در دو سال متوالی پس از برداشت در هر مرحله به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انتقال یافت و شاخص‌ها به‌شرح زیر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد مواد جامد محلول (TSS) کل، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری درصد مواد جامد محلول کل میوه خرما (TSS)، pH و اسیدیته کل (TA)، پنج گرم از گوشت میوه با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر عصاره‌گیری شده و سپس سانتریفیوژ گردید. درصد مواد جامد محلول کل میوه خرما (TSS) با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) به‌روش AOAC (AOAC, 1995) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری حجمی قندها به‌روش احیاء مس

برای اندازه‌گیری قندها از روش فهلینگ استفاده شد. برای اندازه‌گیری قند احیاء ابتدا مقدار پنج گرم از گوشت میوه توزین و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه و پس از عصاره‌گیری و صاف کردن به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. از این محلول برای تیتراسیون استفاده گردید. برای هیدرولیز قندهای غیراحیاء به قندهای احیاءکننده، ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول آماده شده استفاده و یک میلی‌لیتر Hcl غلیظ به آن افزوده و مدت پنج دقیقه جوشانده و سپس با سود ۱۰ درصد خنثی شد. این محلول به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و برای تیترسنجی محلول فهلینگ مورد استفاده قرار گرفت که بدین صورت قند کل اندازه‌گیری شد. در ادامه، از اختلاف بین قند کل و قند احیاء موجود در عصاره، قندهای غیراحیاء نظیر ساکارز محاسبه شد (Mostofi & Najafi, 2005).

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل کل و تانن محلول

یک گرم از گوشت میوه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط و به‌مدت دو ساعت توسط شیکر هم‌زده شد. سپس مخلوط به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ و از روشناور برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل و تانن محلول استفاده شد. مخلوطی به نسبت ۱:۱ از عصاره تهیه شده از میوه خرما و محلول DPPH در شرایط آزمایشگاه قرار داده و برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Amira *et al.*, 2011). برای اندازه‌گیری فنل کل، ۱/۵ میلی‌لیتر معرف فولین به ۱۰۰ میکرولیتر بخش‌رویی اضافه شد. به هر نمونه، ۱/۵ میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات ۲۰ درصد افزوده و مخلوط در مکان تاریک گذاشته و سپس جذب آن در طول موج ۷۲۵ با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Slinkard & Singleton, 1997). برای اندازه‌گیری تانن محلول، یک میلی‌لیتر عصاره در فالکن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن متانول ۸۰ درصد اضافه گردید. سپس یک میلی‌لیتر برداشته شد. دو میلی‌لیتر فولین خالص به هر فالکن افزوده و پس از پنج دقیقه، دو میلی‌لیتر سدیم کربنات ۱۰ درصد به آن افزوده و یک ساعت در مکانی تاریک قرار گرفت و رنگ آبی حاصل شد. جذب آن در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Amira *et al.*, 2011).

اندازه‌گیری اسیدآسکوربیک

اسیدآسکوربیک (ویتامین C) براساس روش رانگانا (Ranganna, 1979) با اکسیداسیون اسیدآسکوربیک با رنگ ۲،۶- دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز و پکتین متیل استراز

۱/۵ گرم از گوشت میوه له شده با سه میلی‌لیتر پلی اتیلن گلیکول ۱۲/۶ درصد حاوی ۰/۲ درصد بی‌سولفیت سدیم به‌مدت دو دقیقه کاملاً مخلوط و سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیده و روشناور دور ریخته شد. رسوب جمع شده دومرتبه به‌ترتیب با ۱/۵ و ۱ میلی‌لیتر بافر مخلوط و به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و روشناور دور ریخته شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و پلی‌گالاکتروناز به رسوب باقی‌مانده، سه میلی‌لیتر بافر استخراج سرد حاوی سدیم استات ، سدیم کلرید ۱۰۰ میلی‌مولار، ۲- مرکاپتواتانول دو درصد، پلی‌وینیل پیرولیدون پنج درصد اضافه و جهت استخراج به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. از مایع‌رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی با ۰/۸ میلی‌لیتر پلی‌گالاکترونیک اسید ۰/۲۵ درصد در سدیم استات مخلوط گردید. به‌منظور اندازه‌گیری مقدار اسید گالاکترونیک آزاد شده، دو میلی‌لیتر بافر بورات تازه آماده شده و سپس ۰/۳ میلی‌لیتر سیانواستامید یک

درصد به مخلوط اضافه شد. جذب در طول موج ۲۷۶ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Gross, 1982). فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز مطابق با روش آونگ و همکاران (Awang *et al.*, 2013) انجام شد. پکتین ۰/۵ درصد به‌عنوان سوبسترای انجام واکنش با آب مقطر تهیه شد. به سوبسترای انجام واکنش، سه درصد کلسیم کلرید یک مولار اضافه شد. ۴/۵ میلی‌لیتر از سوبسترا در ظرف مخصوص قرار داده و pH محلول توسط سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال به عدد ۷/۵ رسانده شد و ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی به مخلوط اضافه و pH آن با استفاده از تیتراسیون سدیم هیدروکسید ۰/۰۰۵ نرمال به عدد ۷/۵ رسانده شد. برای نمونه شاهد، ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی را به دمای جوش رسانده و به مخلوط واکنش اضافه گردید و میزان هیدروکسید سدیم مصرفی آن تا رسیدن pH به عدد ۷/۵ ثبت شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز

جهت اندازه‌گیری دو آنزیم سلولاز و اینورتاز، ابتدا چهار گرم از بافت میوه به همراه ۸۵ میلی‌لیتر پلی‌اتیلن‌گلیکول در غلظت ۱۲ درصد و سدیم بی‌سولفیت ۰/۲ درصد عصاره‌گیری شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. رسوب حاصل به همراه ۱۵ میلی‌لیتر بافر استات ۵۰ میلی‌مولار با pH معادل پنج و سدیم کلرید ۰/۵ مولار مخلوط و به‌مدت یک ساعت توسط شیکر به هم‌زده شده و سپس به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام شد. روشناور به همراه بافر سدیم استات ۵۰ میلی‌مولار در pH معادل پنج به‌عنوان عصاره آنزیمی به‌کار رفت. مخلوط شامل دو میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی، هفت میلی‌لیتر از کربوکسی‌متیل‌سلولز ۰/۲۵ درصد (سوبستریت) و ۰/۱ میلی‌لیتر بافر سدیم استات ۰/۴ مولار با pH معادل پنج بود. برای اندازه‌گیری آنزیم سلولاز، میزان جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت گردید (Hasegawa & Smolensky, 1971). برای آنزیم اینورتاز، مخلوط واکنش شامل ۰/۵ مولار بافر سدیم استات با pH معادل ۴/۵ به همراه ساکارز ۱/۵ مولار به‌عنوان سوبسترا و عصاره آنزیمی در حجم پنج میلی‌لیتر بود و ادامه کار شبیه روش اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سلولاز بود (Kanner *et al.*, 1978).

تجزیه آماری داده‌ها: تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه مرکب، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در مراحل کیمری، خلال، رطب و تمار میوه خرمای رقم 'خضراوی' ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر سال آزمایش در مرحله کیمری بر همه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم پکتین متیل استراز و درصد قند غیراحیاء و در مرحله خلال بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و اینورتاز و درصد قند احیاء و غیراحیاء و در مرحله رطب بر آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین متیل استراز و سلولاز و درصد قند غیراحیاء و در مرحله تمار بر مواد جامد محلول کل (TSS)، pH میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و اینورتاز و درصد قند احیاء معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل تنک دستی و شیمیایی بر همه صفات به‌جز درصد اسیدیته کل، شاخص طعم میوه و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار بودند. البته در برخی صفات در مراحلی تأثیر معنی‌دار و در برخی تأثیر غیرمعنی‌دار بود، بدین صورت که اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی بر صفات مواد جامد محلول کل و pH میوه و آنزیم سلولاز و درصد قندهای احیاء و کل در همه مراحل به‌جز مرحله تمار تأثیر معنی‌دار و بر صفات میزان تانن محلول (به‌جز خلال و تمار)، فنل کل و درصد قند غیراحیاء (به‌جز خلال و رطب)، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز (به‌جز تمار) و پکتین متیل استراز (به‌جز رطب و تمار) و اینورتاز (به‌جز کیمری و رطب) تأثیر غیرمعنی‌دار بود.

اثر انواع تنک بر درصد مواد جامد محلول کل (TSS)، pH میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم میوه

براساس نتایج جداول مقایسه میانگین‌ها، اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم «خضراوی» جدول ۲ (جدول ۲، ۴، ۶ و ۸) نشان داد که درصد مواد جامد محلول کل (TSS) در مراحل کیمری، کمترین مقدار و به‌تدریج در مراحل بعدی افزایش یافت و در مرحله تمار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. نتایج جداول مقایسه میانگین نشان داد که در سال اول و دوم، کمترین مقدار درصد مواد جامد محلول کل در مرحله کیمری (به‌ترتیب ۲۹ و ۲۲ درصد) و بیشترین مقدار (به‌ترتیب ۶۸ و ۶۰ درصد) در تیمارهای اثر متقابل حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول حاصل شد. در سال دوم، تمام تیمارها در مرحله تمار اثر یکسانی داشتند. کمترین pH میوه در مرحله کیمری و بیشترین مقدار pH میوه در سال اول و دوم در مرحله تمار (به‌ترتیب ۷/۵۶ و ۷/۶۴) در تیمارهای اثر متقابل بدون تنک دستی و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم

در لیتر نفتالین استیک اسید و حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و بدون تنک شیمیایی حاصل گردید. روند تغییرات میزان اسیدیته کل میوه خرما از مرحله کیمری تا پایان مرحله تمار کاهشی بود، ولی تغییرات شاخص طعم میوه به مواد کل جامد محلول کل و میزان اسیدیته کل ارتباط مستقیم داشت و همانند مواد جامد محلول کل در طول دوره رشد میوه روندی افزایشی نشان داد و کمترین مقدار در مرحله کیمری و بیشترین مقدار در مرحله تمار به‌دست آمد. مصطفی (Moustafa, 1997) نشان داد که با حذف ۳۰ درصد از خوشه‌چه‌ها در دو هفته پس از گرده‌افشانی در خرما رقم سوی، درصد مواد جامد محلول افزایش یافت.

حذف یک سوم از خوشه‌چه‌ها در مرحله کیمری تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان مواد جامد محلول خرمای رقم استعمران دارد (Moallemi *et al*., 2023). تیمارهای تنک‌کننده میوه باعث ارسال فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتر به میوه‌های باقی‌مانده و در نتیجه، میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد. نتایج بکر و همکاران و مصطفی و همکاران (Bakr *et al*., 2005; Moustafa *et al*., 2019) با نتایج این آزمایش در یک راستا می‌باشند. نفتالین استیک اسید موجب افزایش مقدار pH میوه در طول دوره رشد میوه خرمای شاهانی و نارنگی (*Citrus tangerine*) رقم پرل تانجلو گردید (KhajeZade *et al*., 2018; Mohamadi *et al*., 2008). به‌طور معمول pH میوه متأثر از گروه‌های آمینو و کربوکسیل آزاد با وزن مولکولی پایین است و مقدار کمتری تحت تأثیر ماکرومولکول‌های سلولی (پروتئین‌ها، نوکلوئیک‌اسیدها و پلی‌ساکاریدها) تغییر می‌کند. یون هیدروژن میوه از دیگر ویژگی‌های مرتبط با میزان اسیدیته کل میوه می‌باشد که فعالیت ریزجانداران را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این عامل به‌خصوص در مراحل نهایی که میوه مصرف می‌شود، مؤثر است. اسیدهای غالب در میوه خرما، اسیدمالیک و اسیدسیتریک می‌باشد، نتایج به‌دست آمده از مقدار اسید قابل تیتر با نتایج رستگار (Rastegar & Rahemi, 2015) مطابقت دارد.

تأثیر انواع تنک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسیدآسکوربیک

نتایج حاصل از تنک میوه خرما و تأثیر آن بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسیدآسکوربیک در جدول ۲، ۴، ۶ و ۸ منعکس می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم 'خضراوی' نشان داد که تغییرات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان تانن محلول، فنل کل و اسیدآسکوربیک از الگوی مشابهی پیروی می‌کند و روند آن‌ها از مرحله کیمری تا پایان مرحله تمار کاهشی بود. طعم میوه در مراحل ابتدایی به‌دلیل وجود مواد فنلی و تانن‌ها گس است و کاهش ترکیبات فنولی و تاننی در هنگام رسیدن میوه‌ها موجب کاهش گسی شده و میوه قابل مصرف می‌شود. بهترین تیمار مؤثر در مرحله تمار بر میزان تانن محلول، تیمارهای اثر متقابل بدون تنک دستی و تنک شیمیایی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول و دوم و بر فنل کل، تیمارهای اثر متقابل حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال اول و تیمارهای اثر متقابل حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در سال دوم و بر اسیدآسکوربیک، تیمارهای اثر متقابل حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در هر دو سال بودند. تنک شیمیایی با نفتالین استیک اسید و تنک خوشه‌چه موجب افزایش اسیدآسکوربیک در زرشک (*Berberis vulgaris*) گردید (Kamiab *et al*., 2023). تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از خوشه‌چه‌ها تأثیر معنی‌داری روی اسیدآسکوربیک در خرمای زغلول داشت (Hassaballa *et al*., 1983). ترکیبات فنولی به دو گروه محلول در آب (مانند فلاونوئیدها، اسیدفنولیک و کوئینین) و نامحلول در آب (مانند تانن‌ها و لیگنین) تقسیم‌بندی می‌شود. همزمان با بلوغ میوه خرما، میزان مواد فنولی کاهش می‌یابد. کاهش ترکیبات فنولی در هنگام رسیدن میوه‌ها را می‌توان به اکسید شدن این مواد نسبت داد. تانن‌ها که اغلب در لایه-های تانن‌دار مزوکارپ یافت می‌شوند، عامل اصلی طعم گسی میوه‌های نارس می‌باشند. کاهش در محتوای تانن در طی رسیدن ممکن است به‌دلیل تبدیل لکوسیادین، تانن محلول در طی رسیدن به تانن غیرمحلول باشد، ازاین‌رو لیکوآنتوسیانیدین غیرمحلول در طی دوره رسیدن کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، تعادل در تانن محلول و غیرمحلول، قابلیت مصرف میوه را تعیین می‌کند (Zarbakhsh & Rastegar, 2018). تنک‌کردن باعث دریافت فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری توسط میوه‌ها و بهبود خصوصیات کیفی میوه مانند ویتامین ث، فنل‌ها و تانن‌های میوه می-شود، این مواد به‌عنوان مواد آنتی‌اکسیدانی عمل کرده و از این طریق، کیفیت میوه را در مراحل رطب و تمار بهبود می‌بخشد. خرما به‌دلیل داشتن آنتی‌اکسیدانت‌های غیرآنزیمی (کارتنوئید، مواد فنلی، فلاونوئید و اسیداسکوربیک) فعالیت ضدرادیکالی مهمی دارد و از خسارت‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌کند (Awad *et al*., 2011).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، طعم میوه، فنل کل، میزان تانن محلول، اسیدآسکوربیک، درصد قند احیاء، غیراحیاء، قند کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز در مراحل کیمری، خلال، رطب و تمار رقم 'خضراوی'

Table 1-Combined ANOVAfor indices percentage of soluble solids, pH, titratable acidity, fruit flavor, total phenol, amount of soluble tannin, ascorbic acid, percentage of reducing sugar, non-reducing sugar, total sugar, poly galactronase enzymes, pectin-methyl Esterase, cellulase and invertase in Kimri, Khalal, Rutab and tamar stages in Khadravi Cultivar

مرحله رشد Growth stage	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد مواد جامد محلول TSS	pH میوه	اسیدیته قابل تیتر Titratable acidity	شاخص طعم میوه TSS/TA	فنل کل Total phenolic	میزان تانن محلول Soluble tannin	اسید آسکوربیک Vitamin C	قند احیاء Reducing sugars	قند غیراحیاء Non-reducing sugars	قند کل Total sugars	آنزیم پلی-گالاکتروناز Polygalacturonase	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase	آنزیم سلولاز Cellulase	آنزیم اینورتاز Invertase
کیمری Kimri	سال Year	1	954.24^{**}	4.39^{**}	0.37^{**}	193.36^{**}	0.0003^{ns}	50.14^{**}	3.37^{**}	9.47^{*}	1.034^{ns}	16.77^{**}	271.2^{**}	0.018^{ns}	0.03^{ns}	26.7^{**}
	بلوک (سال) Block (year)	4	0.96^{ns}	0.003^{*}	0.07^{*}	1.6^{*}	0.001^{**}	0.23^{ns}	0.24^{ns}	0.28^{ns}	5.69^{ns}	4.29^{ns}	6.9^{ns}	0.3^{ns}	1.067^{ns}	5.78^{ns}
	تنک دستی a (manual thining)	2	4.13^{*}	0.7^{**}	0.05^{ns}	0.26^{ns}	0.01^{**}	18.34^{**}	0.76^{*}	34.33^{**}	0.79^{ns}	1.76^{ns}	7.06^{ns}	0.14^{ns}	22.07^{**}	18.06^{*}
	تنک شیمیایی b (chemical thining)	2	2.3^{ns}	0.003^{ns}	0.007^{ns}	0.37^{ns}	0.002^{**}	3.37^{ns}	0.3^{ns}	6.54^{*}	32.6^{*}	0.6^{ns}	5.09^{ns}	0.17^{ns}	22.07^{**}	38.09^{**}
	تنک دستی × شیمیایی a×b	4	3.85^{*}	0.007^{**}	0.06^{ns}	1.003^{ns}	0.0003^{ns}	0.81^{ns}	0.24^{ns}	20.7^{**}	4.33^{ns}	9.23^{**}	$18. 8^{ns}$	0.25^{ns}	8.93^{**}	13.09^{**}
	ضریب تغییرات CV (%)		4.14	0.55	6.03	7.83	8.8	15.42	5.58	9.07	12.7	3.97	14.6	7.42	27.6	11.11
خلال Khalal	سال Year	1	468.17^{**}	0.17^{**}	1.28^{**}	1238.8^{**}	0.00009^{ns}	1336.3^{**}	0.98^{**}	0.52^{ns}	67.05^{ns}	55.8^{**}	35.94^{ns}	3.13^{*}	11.33^{ns}	421.9^{ns}
	بلوک (سال) Block (year)	4	3.89^{ns}	0.0059^{ns}	0.83^{ns}	47.9^{ns}	0.0012^{ns}	0.36^{ns}	0.15^{*}	7.83^{*}	17.99^{ns}	19.06^{*}	2.18^{ns}	0.35^{ns}	1.067^{ns}	140.2^{ns}
	تنک دستی a (manual thining)	2	70.72^{**}	0.018^{**}	0.02^{ns}	73.75^{*}	0.006^{**}	18.67^{**}	0.33^{**}	50.6^{**}	101.5^{**}	45^{**}	21.42^{ns}	0.68^{ns}	25.64^{**}	180^{ns}
	تنک شیمیایی b (chemical thining)	2	11.55^{*}	0.0005^{ns}	0.09^{ns}	39.5^{ns}	0.001^{ns}	0.29^{ns}	0.19^{*}	4.54^{ns}	102.7^{**}	9.7^{ns}	12.68^{ns}	0.96^{ns}	3.04^{ns}	67.7^{ns}
	تنک دستی × تنک شیمیایی a×b	4	58.03^{**}	0.082^{**}	0.08^{ns}	12.9^{ns}	0.0027^{*}	10.16^{**}	0.13^{ns}	58.6^{**}	61.04^{*}	45.83^{**}	17.5^{ns}	0.41^{ns}	27.0^{**}	99.4^{ns}
	ضریب تغییرات CV (%)		3.67	0.77	13.57	16.07	24	6.36	3.5	8.5	15.04	5.03	13.9	8.64	12.76	10.67

ns، * و **: به‌ترتیب معرف غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

*, ** and ns: indicate significant at the 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، طعم میوه، فنل کل، میزان تانن محلول، اسیدآسکوربیک، درصد قند احیاء، غیراحیاء، قند کل، آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز در مراحل کیمری، خلال، رطب و تمار رقم 'خضراوی'

Continued Table 1-Combined ANOVAfor indices percentage of soluble solids, pH, titratable acidity, fruit flavor, total phenol, amount of soluble tannin, ascorbic acid, percentage of reducing sugar, non-reducing sugar, total sugar, poly galactronase enzymes, pectin-methyl Esterase, cellulase and invertase in Kimri, Khalal, Rutab and tamar stages in Khadravi Cultivar

مرحله رشد Growth stage	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد مواد جامد محلول TSS	pH میوه	اسیدیته قابل تیتر Titratable acidity	شاخص طعم میوه TSS/TA	فنل کل Total phenolic	میزان تانن محلول Soluble tannin	اسید آسکوربیک Vitamin C	قند احیاء Reducing sugars	قند غیراحیاء Non-reducing sugars	قند کل Total sugars	آنزیم پلی-گالاکتروناز Polygalacturonase	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase	آنزیم سلولاز Cellulase	آنزیم اینورتاز Invertase
رطب Rutab	سال Year	1	468.17^{**}	3.17^{**}	13.06^{**}	19092.2^{**}	0.00008^{**}	51.8^{**}	0.52^{*}	64.96^{**}	7.87^{ns}	118.13^{**}	13.45^{ns}	2.24^{ns}	40.68^{ns}	1880.7^{*}
	بلوک (سال) Block (year)	4	8.31^{*}	0.026^{**}	0.07^{ns}	420.28^{*}	0.000003^{ns}	0.12^{ns}	0.11^{ns}	7.98^{ns}	8.7^{ns}	3.4^{ns}	32.38^{**}	1.02^{ns}	29^{ns}	114.8^{ns}
	تنک دستی a (manual thining)	2	58.9^{**}	0.19^{**}	0.024^{ns}	313.37^{ns}	0.0003^{**}	0.085^{ns}	0.027^{ns}	6.57^{ns}	38.3^{ns}	7.035^{ns}	20.38^{*}	33.57^{**}	3663.9^{**}	6116.7^{**}
	تنک شیمیایی b (chemical thining)	2	15.9^{**}	0.037^{**}	0.007^{ns}	146.7^{ns}	0.000002^{ns}	0.28^{ns}	0.047^{ns}	4.76^{ns}	32.3^{ns}	54.75^{**}	7.41^{ns}	10.02^{**}	218.2^{ns}	1773.7^{**}
	تنک دستی × تنک شیمیایی a×b	4	19.9^{**}	0.028^{**}	0.03^{ns}	6.5^{ns}	0.00019^{**}	0.15^{ns}	0.28^{*}	20.7^{**}	106.4^{**}	66.7^{**}	22.1^{**}	15.57^{**}	1914.8^{**}	1076.6^{**}
	ضریب تغییرات CV (%)		3.18	0.94	13.08	23.11	13.1	21.28	5.17	5.7	25.6	4.65	6.58	9.94	14.8	7.89
تمار Tamar	سال Year	1	25.35^{ns}	0.048^{ns}	1153^{**}	7864.2^{**}	0^{ns}	1.75^{**}	1.04^{*}	6.93^{ns}	94.63^{*}	152.79^{**}	0.63^{ns}	5.73^{**}	91.54^{ns}	20.13^{ns}
	بلوک (سال) Block (year)	4	42.24^{ns}	0.038^{ns}	0.015^{ns}	50^{ns}	0.00001^{ns}	0.0047^{ns}	0.03^{ns}	5.47^{ns}	21.32^{ns}	5.22^{ns}	13.55^{**}	1.79^{*}	9.67^{ns}	53.3^{ns}
	تنک دستی a (manual thining)	2	33.46^{ns}	0.029^{ns}	0.24^{**}	45.88^{ns}	0.00005^{**}	0.046^{**}	0.025^{ns}	0.1^{ns}	53.93^{*}	18.39^{*}	14.01^{*}	2.4^{*}	5.3^{ns}	50.87^{ns}
	تنک شیمیایی b (chemical thining)	2	29.13^{ns}	0.002^{ns}	0.036^{ns}	49.11^{ns}	0.00007^{**}	0.029^{*}	0.94^{**}	51.64^{**}	18.93^{ns}	19.19^{**}	23.48^{**}	0.47^{ns}	744.6^{*}	5.48^{ns}
	تنک دستی × تنک شیمیایی a×b	4	62.76^{ns}	0.005^{ns}	0.016^{ns}	33.87^{ns}	0.00001^{ns}	0.043^{**}	0.14^{ns}	45.34^{**}	18.64^{ns}	13.7^{*}	7.65^{*}	2.28^{*}	98.8^{ns}	194.4^{ns}
	ضریب تغییرات CV (%)		9.15	1.84	7.81	14.6	24.13	22.45	8.89	6.72	24.27	3.95	3.92	5.29	12.75	5.4

ns، * و **: به‌ترتیب معرف غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

*, ** and ns: indicate significant at the 5% and 1% of probability levels and non-significant, respectively

جدول ۲- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله کیمری بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسیدآسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 2- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in kimiri stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid and in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	درصد مواد جامد محلول TSS (%)	pH میوه	اسیدیته کل Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic ($mg.g^{-1}$)	میزان تانن محلول Soluble tannin ($mg.g^{-1}$)	اسید آسکوربیک Vitamin C ($mg.g^{-1}$)
	0	0	28.67a*	6.22ab	2.56a	11.28a	68.65a	0.14d	5.3a	6.9a
	0	1	29 a	6.18bc	2.56a	11.48a	69.84a	0.15cd	7.05a	7.4a
	0	2	29 a	6.09e	2.45a	11.86a	60.32a	0.17bcd	7.44a	6.93a
	1	0	28.67a	6.093de	2.56a	11.19a	54.76a	0.19ab	7.47a	6.87a
1	1	1	28.67a	6.12de	2.56a	11.19a	59.5a	0.168bcd	5.76a	6.97a
	1	2	27.67a	6.23a	2.45a	11.28a	60.7a	0.21a	6.17a	7.3a
	2	0	29 a	6.27a	2.67a	10.92a	58.7a	0.18abc	6.82a	7.03a
	2	1	28.67a	6.14dc	2.67a	10.79a	61.1a	0.19ab	6.93a	6.93a
	2	2	28.67a	6.23a	2.56a	11.19a	60.32a	0.19ab	6.23a	7.1a
	0	0	17d	6.62d	2.45b	6.95bc	70.2a	0.15d	6.7cd	7.3bcd
	0	1	19c	6.66d	2.88a	6.59c	73.8a	0.15d	6.42d	7.07cd
	0	2	21 ab	6.66d	2.77a	7.58bc	60.3a	0.15d	6.36d	6.9d
	1	0	20bc	6.77bc	2.77a	7.24bc	58.7a	0.2b	7.87bc	7.17cd
2	1	1	22 a	6.74c	2.45b	8.96a	59.5a	0.2b	10.59a	7.7abcd
	1	2	20.3abc	6.74c	2.88a	7.06bc	55.5a	0.2b	11.54a	7.8abc
	2	0	21 ab	6.86a	2.77a	7.61b	58.7a	0.18c	8.5b	7.6abcd
	2	1	21 ab	6.84a	2.67ab	7.89b	61.1a	0.19bc	8.4b	8.1ab
	2	2	21 ab	6.83ab	2.88a	7.29bc	61.1a	0.22a	11.16a	8.2a

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

تأثیر انواع تنک بر قندهای احیاء، غیراحیاء و کل

نتایج این آزمایش نشان داد که تنک دستی و شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان قندهای احیاء و کل داشته که در بین سطوح مختلف تنک، تیمارهای حذف ۲۵ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها به‌تنهایی و در ترکیب با پایین‌ترین سطح تنک شیمیایی (تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید) بهترین نتیجه را در برداشت. روند تغییرات درصد قند احیاء و کل در میوه خرما از الگوی مشابهی پیروی می‌کند و در مراحل اولیه رشد میوه میزان آن‌ها کم و در مراحل رسیدن و بلوغ میوه میزان این قندها افزایش می‌یابد (جدول ۳، ۵، ۷ و ۹) ولی قند غیراحیاء (نظیر ساکارز) برعکس قند احیاء و کل میزان آن در مراحل اولیه بالا و در مراحل پایانی به‌دلیل تبدیل قندهای غیراحیاء به قندهای احیاء کاهش می‌یابد و این تبدیل به‌دلیل فعالیت بیشتر آنزیم اینورتاز در مراحل پایانی رشد میوه می‌باشد (Moallemi *et al*., 2023). حذف ۴۰ درصد از خوشه‌چه، موجب افزایش درصد قند کل در ارقام برحی و مجول گردید (Atawia *et al*., 2020). غلظت ساکارز، بیشتر از قندهای احیاءکننده در مراحل اولیه رشد بود و در مراحل پایانی قندهای احیاءکننده به‌میزان زیادی افزایش یافت و قند غالب را تشکیل داد، یافته‌های عطاوی (Atawia *et al*., 2020) با نتایج این پژوهش در یک راستا بود. تجمع قندهای احیاء (نظیر گلوکز و فروکتوز) و کل در میوه در طول دوره رشد به‌تدریج افزایش و در مرحله بلوغ به‌دلیل کاهش رطوبت میوه به‌طور عمده افزایش می‌یابد، ولی برخلاف آن قندهای غیراحیاء در مراحل پایانی روند کاهشی خواهد داشت (Rastegar *et al*., 2012).

جدول ۳- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله کیمری بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 3- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in kimiri stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	آنزیم پلی-گالاکتروناز Polygalacturonase ($U.g^{-1}$)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase ($U.g^{-1}$)	آنزیم سلولاز Cellulase ($U.g^{-1}$)	آنزیم اینورتاز Invertase ($U.g^{-1}$)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیراحیاء Non-reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
	0	0	20.5abc*	4.8a	9.1a	14.32a	12.43bc	21.98a	33.3abc
	0	1	24.2a	4.7a	2.6de	11.7ab	10.78c	18.46a	33.28abc
	0	2	18.7bc	4.8a	2.6de	10.4ab	13.27b	22.29a	34.43abc
	1	0	24.49a	4.8a	1.3e	11.7ab	14.39ab	21.6a	33.8abc
1	1	1	21.7ab	3.8b	1.7e	13.02a	16.36a	20.55a	35.47a
	1	2	24.01a	4.8a	2.6de	7.8b	12.27bc	20.66a	33.17bc
	2	0	22.5ab	4.8a	6.5b	7.8b	12.44bc	21.63a	34.6ab
	2	1	15.8c	4.7a	3.9cd	11.7ab	12.93bc	19.07a	32.34c
	2	2	19.29abc	4.7a	5.2bc	7.8b	12.58bc	20.22a	33.52abc
	0	0	15.21bc	4c	3.9bc	14.75a	12.37c	21.13a	32.62ab
	0	1	15.26bc	4.5bc	5.2ab	13.45ab	10.46d	18.14a	32.62ab
	0	2	16.4b	4.8ab	2.6c	10.42de	11.26cd	20.21a	30.99b
	1	0	17.8ab	5.2a	3.9bc	9.12e	10.32d	21.16a	32.62ab
2	1	1	12.1c	5.3a	3.9bc	12.65bc	18.13a	20.21a	34.44a
	1	2	17.64ab	4.5bc	2.6c	12.59bc	13.86b	20.56a	31.48b
	2	0	16.32bc	4.2c	6.5a	11.28cd	11.26cd	22.02a	33.17ab
	2	1	21.53a	4.3bc	2.6c	14.32a	11.26cd	17.87a	31.48b
	2	2	18.57ab	4.8ab	3.9bc	10.42de	10.95d	22.66a	34.44a

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

تأثیر انواع تنک بر آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین-متیل‌استراز

براساس جداول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳، ۵، ۷ و ۹)، اثر متقابل تنک دستی و شیمیایی بر آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و پکتین-متیل‌استراز نشان داد که تنک بر میزان فعالیت این دو آنزیم در مراحل ابتدایی (مراحل کیمری و خلال) اثر معنی‌داری نداشت، ولی در مراحل پایانی (رطب و تمار) میزان فعالیت این دو آنزیم تحت تأثیر اثر متقابل تنک قرار گرفتند. در مرحله رطب، تیمار تنک شیمیایی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید و در مرحله تمار تیمار تنک شیمیایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید به‌تنهایی و در ترکیب با حذف ۳۳ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها بر میزان فعالیت آنزیم پلی-گالاکتروناز و شاهد و همچنین تیمار حذف ۲۵ و ۳۳ درصد از تعداد کل خوشه‌چه‌ها در ترکیب با همه سطوح تنک شیمیایی در مرحله رطب و تمار بر میزان فعالیت پکتین‌متیل‌استراز بهترین تأثیر را داشتند. در نخل خرما، آنزیم‌های متعددی در فرآیند رسیدن نقش دارند که شامل اینورتاز، پلی‌فنل‌اکسیداز، پکتیناز، پکتین‌متیل‌استراز، پلی-گالاکتروناز و سلولاز می‌باشند (Fadhil *et al.*, 2023). دو آنزیم مورد بحث (پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز) از نظر روند تغییرات در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم 'خضراوی' فعالیت آنزیمی مشابهی را نشان می‌دهند (Rastegar *et al.*, 2012; AlikhaniKoupaei *et al.*, 2020). از مرحله کیمری تا مرحله برداشت (تمار) به‌تدریج میزان فعالیت آنزیمی پلی‌گالاکتروناز و پکتین‌متیل‌استراز افزایش یافت، البته میزان افزایش در مرحله تمار کمتر است، نتایج این پژوهش با نتایج رستگار و همکاران و علیخانی و همکاران (Rastegar *et al.*, 2012; AlikhaniKoupaei *et al.*, 2020) در یک راستا بود. تحقیقات مختلفی در مورد فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی در برخی میوه‌ها مانند پلی‌گالاکتروناز در گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) و آووکادو (*Persea americana*) انجام شده است. فعالیت آنزیمی در موز (*Musa spp*)، گوجه فرنگی، گواوا (*Psidium guajava*) و پاپایا (*Carica papaya*) در طول رسیدن افزایش می‌یابد، امّا این فعالیت در میوه-های بالغ به‌صورت‌های متفاوتی مشاهده گردید، پکتین‌متیل‌استراز در

گواوا و پاپایا کم، موز و گوجه فرنگی زیاد و انبه بسیار زیاد بود (Rastegar *et al*., 2012). نرم شدن میوه عامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت میوه است که می‌تواند نتیجه تخریب دیواره سلولی توسط آنزیم‌ها باشد، به‌طور کلی تخریب اجزاء پلی‌ساکارید دیواره سلولی و کاهش چسبندگی یاخته به یاخته در نتیجه تخریب تیغه میانی از عوامل اصلی نرم شدن میوه است که این امر در اثر تنک تشدید گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تنک خوشه‌چه و شیمیایی روی فعالیت دو آنزیم مورد بررسی مؤثر بر تخریب دیواره سلولی در مراحل اولیه که دیوار مستحکم است، در همه تیمارها اثر یکسانی داشتند و در مراحل نهایی رشد میوه (رطب و تمار) که میوه نرم می‌شود، تنک خوشه‌چه و شیمیایی فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر دیواره سلولی را تشدید می‌نماید. نرم‌شدگی بافت میوه خرما در ابتدا ناشی از فعال‌شدن آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز و سلولاز است، امّا پس از تبدیل میوه به رطب، فعالیت آنزیم اینورتاز مؤثر است (Barreveld, 1993). فعالیت بیشتر آنزیم پلی‌گالاکتروناز طی مراحل رسیدن مربوط به افزایش پکتین‌های باند شده است، زیرا پکتین سوبسترای پلی‌گالاکتروناز است و پکتین را طی رسیدن از حالت باند خارج می‌نماید (Chea *et al*., 2019). در مطالعه‌ای روی میوه پاپایا، نتیجه‌گیری شد که اوج فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز با کاهش سختی این میوه همزمان نبود و نمی‌تواند به‌عنوان آنزیم هیدرولیزکننده اصلی دیواره سلول باشد. به‌نظر می‌رسد که یک تک‌آنزیم نمی‌تواند مسئول نرم‌شدن میوه‌ها باشد و آنزیم‌های هیدرولیتیک در ارتباط با یکدیگر قادر به نرم کردن میوه طی رسیدن می‌گردند (Thumdee *et al*., 2010). سنتز اتیلن نقش کلیدی در تنظیم رسیدن میوه‌ها ایفا می‌کند، کاربرد نفتالین استیک اسید، تعادل هورمونی در گیاهان را مختل و سنتز اتیلن را تحریک می‌کند و در نتیجه، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک تسریع شده و تنک دستی و شیمیایی می‌تواند از این طریق روی میزان فعالیت این آنزیم‌ها مؤثر باشند (Kamiab *et al*., 2023).

جدول ٤- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله خلال بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسیدآسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 4- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in khalal stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	مواد جامد محلول TSS (%)	pH	اسیدیته کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic ($mg.g^{-1}$)	میزان تانن محلول Soluble tannin ($mg.g^{-1}$)	اسید آسکوربیک Vitamin C ($mg.g^{-1}$)
1	0	0	37b*	6.9c	1.92a	19.44b	38.8a	0.085d	5.8def	6.13d
	0	1	37.3b	6.92c	1.7a	19.47b	46.8a	0.12bcd	6.86abc	6.7abc
	0	2	33c	7.27a	1.6a	25ab	40.5a	0.13ab	7.31a	6.53bc
	1	0	39b	7.1b	1.81a	19.93b	46a	0.14ab	6.46bcd	6.37cd
	1	1	36bc	7.25a	1.7a	21.73b	47.62a	0.12bcd	6.16cde	6.57abc
	1	2	37b	6.92c	1.6a	30.017a	48.4a	0.17a	7.18ab	6.9a
	2	0	46.67 a	7.24a	1.6a	21.14b	48.02a	0.13bc	6.56abc	6.8ab
	2	1	33c	7.13b	1.92a	24.48ab	47.62a	0.088cd	5.47ef	6.7abc
	2	2	47a	6.86c	1.38a	29.16ab	47.62a	0.086d	5.06f	6.8ab
2	0	0	40e	7.15b	1.38a	33.48ab	42.8a	0.117ab	5.6cd	6.1a
	0	1	46b	7.18b	1.6a	26.25b	42.5a	0.115ab	7.15abc	6.3a
	0	2	42de	7.2b	1.38a	36.45a	38.1a	0.13ab	8.2a	6.2a
	1	0	50a	7.196b	1.38a	33.64ab	40.1a	0.12ab	7.5ab	6.3a
	1	1	46b	7.16b	1.28a	35ab	43.25a	0.12ab	6.44bc	6.23a
	1	2	43bc	7.32a	1.38a	29.94ab	45.2a	0.169a	7.9ab	6.47a
	2	0	41de	7.16b	1.28a	37.62a	43.6a	0.115ab	6.44bc	6.47a
	2	1	46b	7.12b	1.6a	28.99ab	46.8a	0.104b	4.8d	6.47a
	2	2	45bc	7.11b	1.92a	19.44b	41.7a	0.094b	3.05e	6.43a

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۵- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله خلال بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 5- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in khalal stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	آنزیم پلی-گالاکتوروناز Polygalac turonase (U.g^{-1})	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase (U.g^{-1})	آنزیم سلولاز Cellulase (U.g^{-1})	آنزیم اینورتاز Invertase (U.g^{-1})	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیراحیاء Non-reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
	0	0	31.2a*	9.7a	10.4c	98.1b	16.4bc	25.15b	43.3c
	0	1	32.4a	9.7a	9.5c	114.7a	15.7c	31.45a	48.42ab
	0	2	31.25a	9.7a	15.6a	106.7ab	22.7a	22.9b	44.1c
	1	0	24.7a	9a	16.9a	116.4a	18.3b	27.8ab	47.1b
1	1	1	31.25a	9a	11.7bc	106.7ab	16.34bc	26.67ab	43.5c
	1	2	30.6a	9.3a	10.4c	98.1b	15.4c	27.8ab	47.25ab
	2	0	32.1a	9.7a	11.3bc	96.35b	22.6a	31.44a	48.7ab
	2	1	30.1a	9.3a	14.3ab	108.1ab	21.7a	32.7a	49.05a
	2	2	32.1a	9a	14.3ab	78.1c	16.4bc	27.6ab	47.6ab
	0	0	29.8ab	9.3a	11.7c	93.3b	17.74c	23.8ab	43.2ab
	0	1	29.6ab	9ab	12.15c	101.1ab	16.5c	31.3a	47.78a
	0	2	29.6ab	8.7ab	11.7c	97.2ab	22. 6a	17.9b	41.37b
	1	0	28.4ab	9ab	12.15c	91.15b	17.74c	24.7ab	44.34ab
2	1	1	26.1ab	8.7ab	18.2ab	92.8b	16.55c	23.4ab	40.4b
	1	2	30.4ab	8.7ab	11.7c	102.8ab	16.15c	25.2ab	44.8ab
	2	0	30.6a	9.7a	18.6a	92.8b	21.02ab	29.9a	47.78a
	2	1	25.8b	8b	10.4c	87.6b	21.02ab	30.8a	47.78a
	2	2	30.7a	9ab	16.1b	113.8a	17.92bc	26.3a	43.2ab

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

تأثیر انواع تنک بر آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز

براساس نتایج به‌دست آمده، اثر متقابل تنک خوشه‌چه و شیمیایی در مراحل مختلف رشد میوه خرما رقم 'خضراوی' مؤثر و روند تغییرات آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز در میوه خرما رقم 'خضراوی' از الگوی خاصی پیروی می‌کند و از مراحل اولیه میزان آن‌ها کم و در مراحل رسیدن و بلوغ میوه میزان این آنزیم‌ها افزایش می‌یابد. در واقع، سلولاز پیوندهای گلوکوزیدی b1,4 سلولز را می‌شکند (AbuBakr2003 *et al.*, 2003). فعالیت سلولاز در طول رسیدن گواوا افزایش می‌یابد و بین افزایش فعالیت سلولاز و نرمی گوشت همبستگی بسیار بالا وجود دارد (Rastegar *et al.*, 2012).

اینورتاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی است که در میوه خرما یافت می‌شود و تأثیر زیادی بر کیفیت دارد. این آنزیم، ساکارز را به منوساکاریدها (گلوکز و فروکتوز) تبدیل می‌کند. تحقیقات زیادی در مورد تغییرات فعالیت آنزیم‌های سلولاز و اینورتاز در طول رسیدن خرما از ارقام مختلف انجام شده است. در مراحل اصلی (کیمری، خلال، رطب و تمار)، فعالیت آنزیم اینورتاز و سلولاز افزایش یافته و در پایان مرحله تمار به بالاترین حد می‌رسند، البته در مرحله تمار نسبت به رطب با سرعت کمتری افزایش یافته است، یافته‌های فدهیل و همکاران (Fadhil *et al.*, 2023) با این تحقیق در یک راستا است. فعالیت آنزیم سلولاز در طول رسیدن گواوا، آووکادو و خرما افزایش می‌یابد (Rastegar *et al.*, 2012; AbuBakr *et al.*, 2003). در مطالعه‌ای که روی ارقام خرمای دگلت‌نور و سودانی انجام شد، مشخص گردید که سلولاز در مراحل اولیه وجود ندارد یا بسیار کم بوده و سپس در آخرین مرحله بلافاصله قبل از اینکه سفتی میوه کم شود، افزایش یافته است (Rastegar *et al.*, 2012).

جدول ۶- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله رطب بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسیدآسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 6- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in rutab stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	مواد جامد محلول TSS (%)	pH	اسیدیته کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic ($mg.g^{-1}$)	میزان تانن محلول Soluble tannin ($mg.g^{-1}$)	اسید آسکوربیک Vitamin C ($mg.g^{-1}$)
	0	0	47ef*	7.21de	1.81a	26.18ab	35.3a	0c	1.32ab	5.6a
	0	1	47.3def	7.32cd	1.92a	24.65b	30.5a	0c	0.88d	5.7a
	0	2	46f	7.32cd	1.92a	24.41b	32.5a	0c	1.42a	5.77a
	1	0	49cd	7.16e	2.026a	24.33b	31.3a	0.003c	0.91cd	5.9a
1	1	1	48de	7.4ab	1.706a	28.26ab	35.3a	0.009b	0.78d	5.4a
	1	2	50bc	7.26cde	1.92a	26.5ab	37.7a	0.016a	0.78d	5.57a
	2	0	51b	7.45ab	1.706a	30.14a	30.16a	0.016a	0.87d	5.47a
	2	1	48de	7.52a	1.92a	25ab	34.1a	0.001c	1.02bcd	5.7a
	2	2	56a	7.34bc	2.026a	27.75ab	32.5a	0.004c	1.23abc	5.87a
	0	0	55abc	7.62e	0.96ab	57.29ab	37.3ab	0.006b	2.58a	5.47ab
	0	1	54bc	7.7de	1.06a	51.56b	33.7b	0.003b	2.92a	5.5ab
	0	2	52c	7.72cde	0.85ab	63.36ab	32.9b	0.003b	3.31a	5.6ab
	1	0	54bc	7.83bcd	0.85ab	65.62ab	39.2ab	0.004b	3.21a	5.8a
2	1	1	55abc	7.87b	0.96ab	57.29ab	38.5ab	0.014a	2.96a	5.37ab
	1	2	57.3ab	7.84bc	0.96ab	66.14ab	35.7ab	0.012a	2.97a	5.3ab
	2	0	58a	8.02a	0.85ab	70.83ab	43.2a	0.014a	3.03a	5.2b
	2	1	54bc	7.94ab	0.85ab	65.62ab	34.5b	0.013a	2.77a	5.4ab
	2	2	56ab	7.85bc	0.75b	77.95a	43.2a	0.003b	3.1a	5.5ab

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۷- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله رطب بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز،پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 7- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in rutab stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	آنزیم پلی‌گالاکتروناز Polygalacturonase ($U.g^{-1}$)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase ($U.g^{-1}$)	آنزیم سلولاز Cellulase ($U.g^{-1}$)	آنزیم اینورتاز Invertase ($U.g^{-1}$)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیراحیاء Non-reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
1	0	0	34.9abc*	14b	37.32f	175.4d	31.4de	12.2b	44.8d
	0	1	38.6a	9d	52.08ef	177.2d	32.3cd	16.9ab	50.7b
	0	2	36.4ab	12c	83.7bc	198.7cd	34.7ab	15.4ab	47.7c
	1	0	33.9bcd	12c	69.8dc	184.9d	35.3a	14.4b	46.9cd
	1	1	30.9d	14b	85.07bc	224.3bc	32.9bcd	12.4b	46.1cd
	1	2	31.5cd	16a	92.8ab	254.1a	34.4abc	20.4a	53.4a
	2	0	33.8bcd	16a	102.4a	228.02ab	35.6a	14.4b	47.7c
	2	1	34.05bcd	16a	71.6dc	229.8ab	34.6ab	12.2b	47.3c
	2	2	37.4ab	16a	59.89de	212.4bc	29.7e	11.9b	46.4cd
2	0	0	30.4b	15.3a	45.14c	181.3d	29.8b	11.3bc	42.2c
	0	1	35.68a	12bc	44.7c	178.6d	30.9ab	17.99ab	47.8ab
	0	2	34.1ab	13.3abc	70.74b	185.9cd	30.9ab	11.8bc	44.2bc
	1	0	34.16ab	12bc	73.35b	190bcd	30.9ab	11.5bc	41.2c
	1	1	32.97ab	11.3c	73.35b	189.6bcd	32.4ab	10.8c	43.2bc
	1	2	34.2ab	14abc	72.48b	214.7abc	31.3ab	23.2a	51.8a
	2	0	33.6ab	14.7ab	98.09a	203.3abcd	33.8a	13.4bc	44.3bc
	2	1	32.5ab	14.7ab	86.8ab	219.3a	31.3ab	12.9bc	45.3bc
	2	2	34.96a	14abc	74.6b	216.1ab	29.8b	10.5c	44.3bc

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۸- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله تمار بر شاخص‌های درصد مواد جامد محلول، pH میوه، درصد اسیدیته کل میوه، طعم میوه، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، میزان تانن محلول و اسیدآسکوربیک در سال‌های اول و دوم

Table 8- The interaction effect of hand × chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in tamar stage on the indices of the percentage of soluble solids, fruit pH, total fruit acidity, fruit flavor, antioxidant activity, Total phenol, amount of soluble tannin and ascorbic acid in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	مواد جامد محلول TSS (%)	pH	اسیدتیه کل میوه Total acidity (%)	شاخص طعم میوه TSS/TA	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل Total phenolic ($mg.g^{-1}$)	میزان تانن محلول Soluble tannin ($mg.g^{-1}$)	اسید آسکوربیک Vitamin C ($mg.g^{-1}$)
1	0	0	65ab*	7.51a	1.6d	40.62a	19.05a	0d	0.17fg	4.6ab
	0	1	59abc	7.56a	1.706c	34.86ab	17.8a	0d	0.3a	4.8ab
	0	2	50.3c	7.52a	1.92b	26.21d	21.8a	0d	0.26bc	4.3b
	1	0	65ab	7.55a	1.92b	33.85abc	19.8a	0.003bcd	0.18ef	4.5ab
	1	1	54.3bc	7.51a	2.24a	24.25d	11.5a	0.004bc	0.14g	5.3a
	1	2	62abc	7.56a	2.24a	27.67cd	17.06a	0.01a	0.22de	4.5ab
	2	0	59.3abc	7.51a	2.24a	26.48d	21.03a	0.002cd	0.23cd	4.5ab
	2	1	68a	7.4a	2.24a	30.35bcd	17.5a	0.003bcd	0.29ab	5ab
	2	2	64.3ab	7.44a	2.24a	28.72bcd	17.8a	0.007b	0.25bcd	4.6ab
2	0	0	60a	7.53ab	1.17ab	52.08ab	16.7a	0c	0.43b	4.5a
	0	1	59a	7.57ab	1.28a	46.09b	12.7a	0c	0.75a	4.4a
	0	2	59a	7.57ab	1.07ab	56.42ab	19.8a	0.007ab	0.76a	4.3a
	1	0	60a	7.64a	1.07ab	57.2ab	13.5a	0.005abc	0.55ab	4.4a
	1	1	60a	7.59ab	1.07ab	57.46ab	13.8a	0.005abc	0.44b	4.6a
	1	2	60a	7.59ab	0.96b	62.5a	21.8a	0c	0.56ab	4.2a
	2	0	60a	7.55ab	1.17ab	51.99ab	23.8a	0.0003c	0.6ab	4.2a
	2	1	58a	7.52b	1.17ab	50.26ab	24.2a	0.002bc	0.64ab	4.6a
	2	2	59a	7.54ab	1.07ab	56.25ab	15.8a	0.009a	0.56ab	4.4a

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

*In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

جدول ۹- اثر متقابل تنک دستی × شیمیایی میوه خرما رقم 'خضراوی' در مرحله تمار بر شاخص‌های آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز، سلولاز و اینورتاز و قندهای احیاء، غیراحیاء و کل در سال‌های اول و دوم

Table 9- The interaction effect of hand ×chemical thinning of the fruit of Khadravi cultivar in tamar stage on the indices of the poly-galactronase, pectin-methyl-esterase, cellulase and invertase enzymes and reducing, non-reducing and total sugars in the first and second years

سال Year	تنک دستی a (Hand thinning)	تنک شیمیایی b (Chemical thinning)	آنزیم پلی‌گالاکتروناز Polygalacturonase ($U.g^{-1}$)	آنزیم پکتین متیل استراز Pectin methyl esterase ($U.g^{-1}$)	آنزیم سلولاز Cellulase ($U.g^{-1}$)	آنزیم اینورتاز Invertase ($U.g^{-1}$)	قند احیاء Reducing sugars (%)	قند غیراحیاء Non-reducing sugars (%)	قند کل Total sugars (%)
	0	0	42.2a*	15.03a	78.1cd	261.9a	35.2c	8.6a	47.3 bc
	0	1	44.3a	13.9ab	100.7ab	271.5a	42.7a	10.6a	48.5 bc
	0	2	43.17a	13.2b	95.5abcd	260.5a	36.3bc	7.5a	48.5 bc
	1	0	41.4a	15.4a	74.6d	260.1a	38.5b	12.9a	51.3a
1	1	1	42.5a	15.4a	98.09abc	264.6a	41.6a	9.3a	49.3ab
	1	2	44.36a	15.4a	108.1a	252.3a	36.4bc	7.7a	46.5 c
	2	0	43.18a	14.3ab	98.5abc	261.4a	38.5b	11.3a	48.5 bc
	2	1	42.9a	14.3ab	98.9abc	251.3a	36.7bc	12.4a	50.8a
	2	2	43. 7a	15.4a	85.5bcd	269.7a	43.3a	9.9a	48.6bc
	0	0	37.2d	16.1a	91.6ab	261.9ab	37.3ab	6b	45.3bc
	0	1	40.8c	15.03ab	100.3ab	253.6b	41.2a	8ab	45.3bc
	0	2	44.8a	14.7b	100.3ab	274.7a	37.3ab	2.95b	42.2c
	1	0	41.8bc	15.03ab	100.7ab	268.7ab	35.8ab	5b	44.2bc
2	1	1	44.4ab	15.4ab	95.1ab	267.4ab	39.3ab	5b	44.3bc
	1	2	43.4abc	15.8ab	86.8b	254.6b	39.3ab	9.3ab	46.6b
	2	0	44.7a	15.4ab	81.6b	256.4ab	33.8b	7ab	44.3bc
	2	1	43.8ab	15.4ab	108.5a	267.8ab	37.3ab	13.7a	51.6a
	2	2	44.6ab	15.4ab	96.7ab	259.2ab	41.2a	9.5ab	45.3bc

* در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* In each column, means with at least one common letter do not show significant difference at the 5% of probability level based on LSD test.

نتیجه‌گیری

تنک درختان میوه باعث بهبود خصوصیات کیفی و کمّی میوه می‌گردد. نتایج این بررسی نشان داد که تنک شیمیایی و دستی خرمای رقم 'خضراوی' باعث بهبود صفات کیفی نظیر فنل کل، تانن محلول، اسیدآسکوربیک و فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز، پکتین‌متیل‌استراز و درصد قندهای احیاء و کل میوه در مرحله تمار می‌شود. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که تنک دستی با حذف ۲۵ درصد از کل خوشه‌چه‌ها و تنک شیمیایی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نفتالین استیک اسید موجب بهبود کیفیت میوه خرمای رقم 'خضراوی' گردید، لذا این دو تیمار قابل توصیه به نخل‌کاران می‌باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌خاطر تـأمین منابع مالی اجرای این پژوهش و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر در اختیار گذاشتن نخلستان جهت اجرای پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

References

1- Abu-Bakr, A., Abu-Goukh, H., & Bashir, A. (2003). Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chemistry, 83,* 213–218. https://doi.org/10.1016/SO308-8146(03)00067-0
2- Alikhani-Koupaei, M., Aghdam, M.S., & Faghih, S. (2020). Physiological aspects of date palm loading and alternate bearing under regulated deficit irrigation compared to cutting back of bunch. *Agricultural Water Management, 232,* 106035. https://doi.org/10.1016/j.agwat
3- Al-Saikhan, M.S., & Sallam, A.A. (2015). Impact of chemical and non-chemical thinning treatment on yield and fruit quality of date palm. *Journal of Food and Research, 4*(4), 18-24. https://doi.org/10.5539/jfr.v4n4p18
4- Amira, E.A., Guido, F., Behija, S.E., Manel, I., Nesrine, Z., Ali, F., Mohamed, H., Noureddine, H.A., & Lotfi, A. (2011). Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. *Food Chemistry, 127,* 744–1754. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.051
5- AOAC. (1995). *AOAC official method 942. 15*. In P. cunniff (Ed.), AOAC official methods of analysis of AOAC international. USA: AOAC international.
6- Atawia, A.A.R.El., El-Akkad, T.A.M., & Hassan, T.M. (2020). effect of thinning treatments on some physical and chemical fruit characters of Barhy and Magdool date palm cultivars. *Annals of Agricaltural Science, Moshtohor, 58*(2), 339–350.
7- Awad, M.A., Al-Qurashi, A.D., & Mohamed, S.A. (2011). Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Scientia Horticulturae, 129,* 688-693. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.019
8- Awang, Y.B., Chuni, S.H., Mohamed, M.T.M., Hafiza, Y., & Mohamad, R.B. (2013). Polygalacturonase and pectin, methylesterase activities of $CaCl_2$ treated red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) harvested at different maturity, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 8*(2), 167-172. https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.167.172
9- Bakr, E.I., El-Kasary, S., El Banna, A., & Ghazawy, H.S. (2005). Effect of NAA on fruit setting, bunch weight and fruit characteristics of Samani and Zaghloul date palm cultivars. *Journal of Agricultural Sciences. Mansoura University, 30*(12). https://doi.org/10.21608/jpp.2005.237937
10- Barreveld, W.H. (1993). *Date Palm Products*. Agricultural Services Buletin, 101: 216. F.A.O. Rome.
11- Bashir, M.A., Ahmad, M., Altaf, F., & Shabir, K. (2014). Fruit quality and yield of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as affected by strand thinning. *The Journal of Animal and Plant Sciences, 24*(3), 951-954.
12- Chea, S., Yu, D.J., Park, J., Oh, H.D., Chung, S.W., & Jae Lee, H.J. (2019). Fruit softening correlates with enzymatic and compositional changes in fruit cell wall during ripening in ‘Bluecrop’ highbush blueberries. *Scientia Horticulturae, 245* 163–170. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.019
13- Dhinesh Babu, K., & Yadave, D.S. (2004) Physical and chemical thinning of peach in subtropical north eastern India. *Acta Horticalturae, 662*, 327-331. https://doi.org/ 10.17660/ActaHortic.2004.662.48
14- Fadhil, A.A., Samar, J.M., Omnia, H.D., &. Fayed, N.I.A. (2023). Effect of agricultural processing on ripening enzymes in date palm: a review. *Plant Biotechnology Persa; 5*(1), 14-19. https://doi.org/10.52547/pbp.5.1.3
15- FAO. Food and Agriculture Organization. 2021. http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor
16- Gross, K.C. (1982). A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. *Hortscience, 17,* 933-934.
17- Hasegawa, S., & Smolensky, D.C. (1971). Cellulase in dates and its role in fruit softening. *Journal of Food Science, 36,* 966–967. https://doi.org/10.1021/jf60171a036
18- Hashempour, M. (1999). *Ghanjine khorma*. Nashr Amozesh Keshavarzi Karaj, Iran. pp. 668. (In Persian)

19- Hassaballa, L.A., Ibrahim, M.M., Sharaf, M.M., Abdel-Aziz, A.Z., & Hagagy, N.A. (1983). Fruit physical and chemical characteristics of "Zaghloul" date cultivar in response to some fruit thinning treatments. *Annals Agricultural Science*, *20*(3), 3-14.
20- Hussein, F. (1970). Effect of fruit thinning on size, quality and ripening of Sakkoti dates grown at Aswan. *Tropical Agricalture* , *47*(2), 163-66.
21- Jalali, M., Moalemi, N., & Mortazavi, M.H. (1998). The effect of gibberellic acid and benzyl adenine on quantitative and qualitative traits in Ahvaz. *Journal of Plant Production, 37,* 105-114. (in Persian with English abstract).
22- Kamiab, F., Tavassolian, I., & Hosseinifarahi, M. (2023). Changes in the quantitative and qualitative characteristics of seedless barberry (Berberis Vulgaris L.) fruit as influenced by fruit thinning. *Journal of Horticalture and Postharvest Research, vol. 6(1),* 77-92. https://doi.org/10.22077/jhpr.2022.5416.1279
23- Kanner, J., Elemaleh, H., Reuveni, O., & Ben-Gera, I. (1978). Invertase (β-fructofuranosidase) activity in three date cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26,* 504-508.
24- Khaje Zade, S., Moallemi, N.A., & Mortazavi, S.M.H. (2018). The effect of foliar application of naphthalene acetic acid and potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics Pearl tangerine variety Tangelo. *Pomology Research*, *3*(*2*), 16-26. (in Persian with English abstract).
25- Moallemi, N., Khaleghi, E. & Rezazadeh Kavari, M. (2023). The effect of chemical and hand cluster thinning on some quantitative and qualitative characteristics of date palm fruits cv. Estameran. *Journal of Plant Production Research*, *30*(4), 137-152. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/JOPP.2023.21255.3032
26- Mohamadi, A., Abotalebi, A., Hassanzade, H., & Mohamadi, M. (2008). Investigating the effect of plant growth regulators on quantitative and qualitative characteristics Shahani dates. *Journal of Research in Agricultural Sciences*, *4*(2), 204-212. (in Persian with English abstract).
27- Mostofi, Y., & Najafi, F. (2005). *Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture*. Tehran University, Tehran, Iran. *1*, 1-136. (in Persian with English abstract).
28- Moustafa, A. A. (1997). *Studies on Fruit thinning of date palms.* Department of Horticulture. Faculty of Agriculture, El-Fayoum, Cairo University, Egypt. pp 354-364.
29- Moustafa, A.R., Abdel-Hamid, N., Abd El-Hamid, A., El-Sonbaty, M.R., & Abd El-Naby, S.K.M. (2019). *Bulletin of the National Research Centre*, *3,* 204. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0234-3
30- Ramazanian, A., & Rahemi, A. (2006). The role of chemical and hand fruit thinning on flower bud retention and pistachio nut quality improvement. *Journal of Science and Technology of Agriculture And Natural Resource; 10,* (4),135-145. (in Persian with English abstract).
31- Ranganna, S. (1979). *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*, 2nd Ed. Tata McGraw-Hill, Publishing Company Limited, New Delhi, pp. 634.
32- Rastegar, S., & Rahemi, M. (2015). Comparision of physicochemical characterristic of pollinated and unpollinated Piarom and Shahani date palm during fruit growth and development. *Plant Productions*, *38*(1), 65-74. (in Persian with English abstract).
33- Rastegar, S., Rahemi, M., Baghizadeh, A., & Gholami, M., (2012), Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening. *Food Chemistry*, *134*, 1279–1286. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.208
34- Slinkard, K., & Singleton, V.L. (1977). Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, *28*, 49-55. https://doi.org/ 10.5344/ajev.1977.28.1.49
35- Son, L. (2004). Effects of hand and chemical thinning on fruit size andquality of ‘Priana’ and ‘Beliana’ apricot (*Prunus armeniaca*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *32*, 331-335. https://doi.org/10.1080/01140671.2004.9514312
36- Taghipour, L., Rahemi, M., & Assar, P. (2011). Thinning with NAA, NAD, ethephon, urea and by hand to improve fruit quality of ‘Gerdi’ apricot. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, *23*(4), 279-284. https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000400005
37- Tejpal, S.B., Laxmi, R., Binayak, C., & Vikas, Y. (2018). A recent advances in use of plant growth regulators (PGRs) in fruit crops - A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(5), 1307-1336. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.159
38- Thumdee, S., Manenoi, A., Chen, N.J., & Paull, R.E. (2010). Papaya fruit softening: role of hydrolases. *Tropical Plant Biology*, *3,* 98-109. https://doi.org/10.1007/s12042-010-9048-z
39- Zarbakhsh, S., & Rastegar, S. (2018). Assessment of physicochemical properties and bioactive compound of date fruit (*Phoenix dactylifera*) in two cultivars, "Piarom" and "Zahedi". *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 14*(1) 177-186. https://doi.org/10.22067/ifstrj.v14i1.60214